

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

⑩ DE 41 32 559 A 1

⑮ Int. Cl. 5:

C 23 F 4/00

C 23 C 16/44

- ⑯ Aktenzeichen: P 41 32 559.1  
⑯ Anmeldetag: 30. 9. 91  
⑯ Offenlegungstag: 8. 4. 93

DE 41 32 559 A 1

⑯ Anmelder:

Siemens AG, 8000 München, DE

⑯ Erfinder:

Steinhardt, Heinz, Dipl.-Ing. Phys., Wien, AT;  
Spindler, Oswald, Dr.rer.nat., 8011 Vaterstetten, DE;  
Raske, Hans; Mathuni, Josef, Dr.rer.nat., 8000  
München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren zur in-situ-Reinigung von Abscheidekammern durch Plasmaätzen

⑯ Zur Reinigung vorgesehene Ätzgase werden in einer von der Abscheidekammer räumlich getrennten mikrowellengepeisten Plasmaentladung intensiv angeregt. Aktivierte, elektrisch neutrale Ätzgasteilchen werden danach in die Abscheidekammer eingelassen und ätzen dort alle Oberflächen mit hoher, von der Position und Anordnung der Oberflächen unabhängiger Ätzrate. In der Abscheidekammer kann zusätzlich ein Plasma sehr geringer Leistung gezündet werden.

DE 41 32 559 A 1

1  
Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur in-situ-Reinigung von in der Halbleitertechnologie zur Schichterzeugung verwendeten Abscheidekammern durch Plasmätszen. Die Erfindung betrifft außerdem eine Verwendung des Verfahrens.

Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise aus "Reducing Contamination by In-Situ Plasma Cleaning of LPCVD-Tubes", D.W. Benzing, Microcontamination May 1986, bereits bekannt.

Die Abscheide- und Ätztechnik sind, neben Lithographie- und Dotiertechnik, zwei der grundlegenden Prozesse, die in der Prozeßfolge zur Herstellung von integrierten Schaltungen aus Siliziumsubstraten immer wieder verwendet werden. Die Entwicklungsfortschritte bei der Erhöhung der Chipintegrationsdichte haben die Anforderungen an die Einzelprozesse und Prozeßfolgen ständig verschärft. Damit zusammenhängend macht sich zunehmend eine verstärkte Notwendigkeit von hocheffektiven und fertigungstauglichen Reinigungsschritten bemerkbar. Als besonders kritisch hat sich dabei, neben der Scheibenreinigung, die spätestens nach einem bestimmten Durchsatz an Siliziumscheiben erforderliche Reinigung der in jedem Herstellungszyklus wiederholt zur Schichterzeugung verwendeten Abscheidekammern erwiesen.

Abscheidekammern werden beispielsweise zur Durchführung der häufig eingesetzten Niederdruck-Gasphasenabscheidungen (LPCVD), mit denen u.a. Polysilizium-, Siliziumnitrid- und Siliziumoxidschichten abgeschieden werden, verwendet. Um auch in temperatursensiblen Prozeßbereichen Schichten mit hinreichender Qualität erzeugen zu können, wurden plasmaunterstützte Gasabscheideverfahren (PECVD) entwickelt, bei denen die Aktivierung und Auslösung der Gasphasenabscheidung nicht primär thermisch, sondern durch ein Plasma erfolgt. Zum Stand der Abscheidetechnik wird auf D. Widmann et al, "Technologie hochintegrierter Schaltungen", Springer-Verlag 1988, insbesondere Abschnitte 3.1.1 und 5.2.1 – 3, hingewiesen.

Aufgrund der bekannten Nachteile einer Feuchtreinigung der Abscheidekammern, insbesondere der mangelnden Anlagenverfügbarkeit und des unzureichenden Reinigungseffektes bei derartigen "ex-situ"-Reinigungsprozeduren, und da die Abscheidekammern heute meistens ohnehin für plasmaunterstützte Abscheidungen ausgelegt sind, erfolgt die Kammerreinigung gegenwärtig üblicherweise durch in-situ-Trockenätzen mittels im Plasma aktivierter Ätzgase.

Das plasmaunterstützte Abscheiden dünner Schichten geschieht häufig in Vakuumkammern, die mit einer auf Erde liegenden beheizten Anode und einer HF-speisten Kathode ausgestattet sind. In diese Abscheidekammer werden dann Reaktionsgase bei konstantem Druck und Fluß eingelassen. Die Abscheidung findet nicht nur auf der in der Kammer befindlichen, zu beschichtenden Probe statt, sondern, mit unterschiedlichen Dicken, im ganzen Reaktionsraum. Zur Vermeidung von Kammeröffnungen, sowie dem Aus- und Einbau von Teilen mit den damit verknüpften Beschädigungsrisiken muß die Kammer ohne Öffnung und mit der vorhandenen technischen Anordnung gereinigt werden. Anstatt Gasen, die beispielsweise oxidische und nichtoxidische Glas- sowie Keramiksichten bilden, werden deshalb schichtauflösende Gase in die Abscheidekammer eingeleitet, die dort in einem mittels der vorhandenen Elektroden erzeugten Plasma aktiviert wer-

den. Im Plasma entstehen Ionen, Atome, Radikale und andere verschiedene Bruchstücke der eingeleiteten Gase, die mit den an den inneren Oberflächen der Kammer abgeschiedenen Schichten zu gasförmigen Produkten reagieren. Die unerwünschten Abscheidungen werden dadurch abgetragen und die gasförmigen Produkte können mittels Vakuumpumpen aus dem Reaktionsraum abtransportiert werden.

Die auf eine unzureichende Reinigung aller Kammeroberflächen zurückgehende Kontamination stellt eines der Hauptprobleme der zur Zeit in der Mikroelektronik zur Abscheidung von Schichten verwendeten Fertigungsanlagen dar. Auch die zuvor beschriebene in-situ-Reinigung durch Plasmätszen ist, wie nachfolgend dargelegt wird, nicht ohne Schwierigkeiten und zu einer zufriedenstellenden Lösung des Problems der Reinigung von Abscheidekammern schon deshalb nicht geeignet, da sich das Design der Abscheidekammer dabei bisher immer als Kompromiß aus den Forderungen nach einer guten Abscheide- und Reinigungsleistung ergibt. Erwünscht ist jedoch ein Reinigungsverfahren, das eine Optimierung des Designs der Abscheidekammer hinsichtlich ihrer eigentlichen Hauptaufgabe erlaubt.

Eine der wichtigsten Anforderungen an ein fertigungstaugliches Reinigungsverfahren sind kurze Reinigungszeiten. Diese sollen eine möglichst hohe Verfügbarkeit der Abscheidekammer für den Fortgang der Fertigung gewährleisten. Als unmittelbare Folgerung muß die Ätzung mittels Anregung bei sehr hohen Hochfrequenzenergien betrieben werden, um ausreichende Ätzraten zu erzielen. Einerseits werden im üblicherweise angelegten elektrischen RF-Feld besonders die Ionen mit größer werdender Spannung besonders stark zu den Elektrodenoberflächen hin beschleunigt. Außer zu Anisotropie- und zu Abschattungseffekten führt die benötigte hohe Anregungsenergie indirekt also auch dazu, daß die Elektrodenoberflächen aufgrund unterschiedlicher Schichtdicken verschiedenen stark erodierend angegriffen werden, da immer solange geätzet werden muß, bis die dickste Schicht abgeätzt ist. Andererseits ist die durch die Plasmaanregung erzeugte Dichte isotrop ätzender, langlebiger Spezies trotz relativ hoher Anregungsenergie noch so gering, daß ungünstig gelegene Kammeroberflächen, die im Bereich geringerer Plasmadichte liegen, in der wegen der Schädigung der Elektroden nicht beliebig zur Verfügung stehenden Zeit nur ungenügend abgeätzt werden können. Dies führt mit zunehmender Einsatzdauer zur Schichtdickenzunahme und weiteren, kontaminierenden Partikeln.

Weitere Probleme ergeben sich beispielsweise aus der mangelnden Selektivität hochenergetischer Ätzgasteilchen gegenüber Schutzschichten wie Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Hinzu kommt vor allem noch die schlechte Haftung der auf aus dem Ätzgas stammenden organischen Polymerschichten parasitär abgeschiedenen Schichten.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber den genannten Nachteilen verbessertes Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß zur Reinigung vorgesehene Ätzgase in einer von der Abscheidekammer räumlich getrennten, mikrowellengespeisten Plasmaentladung intensiv angeregt werden, und daß aktivierte, elektrisch neutrale Ätzgasteilchen danach in die Abscheidekammer eingelassen werden und dort alle Oberflächen mit hoher, von der Position und Anord-

nung der Oberflächen unabhängiger Ätzrate ätzen.

Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird im folgenden u. a. anhand eines Ausführungsbeispiels und der Zeichnung, deren einzige Figur, schematisch und geschnitten eine Abscheideanlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt, noch näher erläutert.

Die in der Figur dargestellte Abscheidekammer verfügt über Gaszuleitungen 11 und 12, beispielsweise für die Zuleitung von SiH<sub>4</sub> bzw. Argon, ein Gassammelrohr 14 und einen Mischraum 8 für Abscheidegase. Im Inneren der Kammer sind üblicherweise eine Gasabsaugkammer 5 und ein Waferhebemechanismus 6 vorgesehen. In der Figur ist ein Siliziumwafer 13 dargestellt, der sich auf einem metallischen Träger, der gleichzeitig als geerdete und beheizte erste Elektrode 1 dient, befindet. Andere, im Inneren der Kammer angeordnete Teile, beispielsweise Befestigungsmittel 3, sind vorzugsweise aus Keramik. Eine zweite, mit Hochfrequenzspannung gespeiste Elektrode 2 bildet gleichzeitig den Gaseinlaß vom Mischraum 8 in die eigentliche Abscheidezone der Kammer. Die Anordnung der von der Kammerwand 4 umgebenen Teile der Abscheidekammer läßt Abschattungseffekte erwarten.

Zur erfindungsgemäßen Reinigung der in der Figur dargestellten Abscheideanlage werden zur Reinigung vorgesehene Ätzgase, beispielsweise CF<sub>4</sub> bzw. O<sub>2</sub>, über Zuleitungen 9 bzw. 10 in ein Ätzgaseinleitungsrohr 15 eingebracht und dort, von der Abscheidekammer räumlich getrennt, durch eine Mikrowellenquelle 7 intensiv angeregt. Die aktivierte Ätzgasteilchen werden anschließend in die Abscheidekammer eingelassen, wo sie, gegebenenfalls unterstützt durch ein von den vorhandenen Elektroden 1 und 2 erzeugtes Plasma sehr geringer Leistung, die gesamte Abscheidekammer mittels eines Ätzprozesses reinigen. Dabei entstehende Reaktionsprodukte und Verunreinigungen können ohne weiteres mittels Vakuumpumpen über eine Absaugleitung 16 entfernt werden.

Im Gegensatz zu bekannten plasmaunterstützten Reinigungsverfahren findet beim erfindungsgemäßen Verfahren eine externe und besonders intensive Mikrowellenanregung statt. Besonders vorteilhaft für die Mikrowellenanregung ist ein spezielles Verfahren, zu dem wir auf die am gleichen Tag wie die vorliegende Anmeldung eingereichte Patentanmeldung Nr. ... mit dem Titel "Verfahren zur Generierung angeregter neutraler Teilchen für Ätz- und Abscheideprozesse in der Halbleitertechnologie mittels einer mikrowellenenergiegespeisten Plasmaentladung" hinweisen, die hiermit in die Offenbarung einbezogen wird. Das zitierte spezielle Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Reaktivteilchengeration, insbesondere eine sehr hohe Dichte neutraler Aktivteilchen, aus, was angesichts der großen Kammeroberfläche sehr vorteilhaft ist. Durch die entfernte Anordnung der Anregungsvorrichtung vom Reaktionsraum werden beim erfindungsgemäßen Verfahren für die Abscheidekammer schädliche Spezies des Anregungsplasmas ausgesondert, andererseits aber nützliche, neutrale Reaktivteilchen mit hoher Lebensdauer und in hoher Dichte erzeugt.

Die durch das Ätzgaszuleitungsrohr 15 in die Abscheidekammer kommenden Neutralteilchen haben außer der durch die Gasströmung und die Brown'sche Molekularbewegung vorgegebene, keine zusätzliche kinetische Energie und ätzen rein chemisch und deshalb isotrop. Alle Kammeroberflächen werden deshalb vor-

teilhafterweise unabhängig von ihrer Position und Anordnung gleich schnell geätzt, die Kammergeometrie kann also ganz auf Abscheidung hin optimiert werden.

Aufgrund der fehlenden kinetischen Energie der tatsächlich ätzenden Ätzgasteilchen werden die Kammeroberflächen nicht durch Abspüllen oder Ionenbombardement geschädigt. Trotzdem kann mit der erfindungsgemäß einzusetzenden hohen Reaktivteilchendichte — im Druckbereich von etwa 0,05 bis 500 Pa sind mehr als 50% aller vorhandenen Gasmoleküle angeregt — die Ätzrate hoch und damit die Ätzzeit klein gehalten werden. Erfindungsgemäß kann mithin auch bei sehr tiefen Drücken geätzt werden, ohne daß die Ätzrate merklich abnimmt. Dadurch wird der Anwendungsbereich bezüglich der Reinigungsoptimierung erheblich erweitert.

An Stellen mit besonders dicken Abscheidungen, insbesondere an den Elektroden, kann zusätzlich ein Plasma sehr geringer Leistung mit Hilfe der vorhandenen Elektroden gezündet werden, um lokal die Ätzrate zu erhöhen und um die Ätzzeit für alle Kammerteile gleich zu wählen, ohne daß die Leistungsbelastung durch den Plasmainfluß wieder zum erhöhten Teileverschleiß führt. Ausgenutzt wird dabei die Tatsache, daß die durch Mikrowellenenergie bereits intensiv angeregten Teilchen nur noch einer geringen zusätzlichen Anregung im Plasma bedürfen, um die Ätzrate zu erhöhen. Die intermolekulare Energieübertragung, bei der durch Auswahl und Anregung eines geeigneten, primär durch Mikrowelle angeregten Gases mit metastabilen Zuständen definiert Energie auf ein anderes Molekül zu einer spezifisch gewünschten Sekundärreaktion übertragen wird, eröffnet zusätzliche Möglichkeiten für schonende Ätzreaktionen in einem definierten Energiebereich.

Mit dem erfindungsgemäß in-situ-Reinigungsverfahren lassen sich die Nachteile der bisher bekannten Verfahren, wie hohe Kosten durch lange Instandsetzung und Ausfallzeiten, verursacht durch Verschleiß und "ex-situ"-Reinigung, vermeiden. Ursache ist eine sanfte, isotrop wirkende Ätzung mit hoher Ätzrate im gesamten Kammerbereich, deren Wirkung vollkommen unabhängig von der Kammergeometrie ist und keine Einschränkungen hinsichtlich des Abscheideprozesses notwendig macht. Außerdem können parasitäre Schichten ohne Zeitverlust dünn gehalten werden. Als Ausführungsbeispiel werden nachfolgend einige wichtige Verfahrensparameter für die Reinigung einer Polysilizium-Abscheidekammer angegeben.

Temperatur:	300—400°C
Druck:	150 Pa
Mikrowellenleistung:	850 W
Ätzgas:	CF <sub>4</sub> , O <sub>2</sub>
Gasströmung:	200 sccm
Ätzrate:	3000 nm/min
zusätzliche HF-Leistung an den Elektroden:	30—50 W
Ätzrate mit Zusatzleistung:	5000 nm/min
geätzte Schicht:	Polysilizium
Reaktionsprodukte	SiF <sub>4</sub> + CO

Die Erfindung ist, bei Einsatz der dafür geeigneten Ätzgase, auch auf andere abzuscheidende Materialien anwendbar. Beispielsweise lassen sich Abscheidekammern für Wolfram, Siliziumoxid, Bornitrid und Siliziumnitrid mit NF<sub>3</sub> als Ätzgas bei hohen Ätzraten reinigen. Für Kammern, in denen Al bzw. Cu abgeschieden wird,

kann vorteilhaft Chlorgas eingesetzt werden. Prinzipiell ist dabei für jede zu entfernende Schicht das Ätzgas einzusetzen, welches bei der entsprechenden Kammer-temperatur gasförmige, flüchtige Reaktionsprodukte mit dieser Schicht bildet.

Bei der Halbleiter-Herstellung erlangen Mehrkam-mersysteme, bei denen an zu bearbeitenden Substraten mehrere Prozeßschritte hintereinander in verschiede-nen Kammern vorgenommen werden, ohne daß dabei eine Unterbrechung des im Mehrkammersystem insge-samt herrschenden Vakuums erfolgt, zunehmende Be-deutung. Eine vorteilhafte Verwendung des erfundungs-gemäßen Verfahrens besteht in der besonders schnellen Reinigung der Abscheidekammern derartiger Mehr-kammersysteme insbesondere innerhalb der Totzeit während des Kammerwechsels, also innerhalb etwa 20 bis 30 Sekunden.

#### Patentansprüche

20

1. Verfahren zur in-situ-Reinigung von in der Hal-leitertechnologie zur Schichterzeugung verwende-ten Abscheidekammern durch Plasmaätzen, da-durch gekennzeichnet, daß zur Reinigung vorge-sehene Ätzgase in einer von der Abscheidekammer räumlich getrennten mikrowellengespeisten Plas-maentladung intensiv angeregt werden, und daß aktivierte, elektrisch neutrale Ätzgasteilchen da-nach in die Abscheidekammer eingelassen werden und dort alle Oberflächen mit hoher, von der Posi-tion und Anordnung der Oberflächen unabhän-giger Ätzrate ätzen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-zeichnet, daß zur lokalen Erhöhung der Ätzrate während der Reinigung zusätzlich in der Abschei-dekammer, insbesondere mittels dort bereits vor-handener Elektroden, ein Plasma sehr geringer Lei-stung, insbesondere unterhalb etwa 50 W, gezündet wird.
3. Verwendung des Verfahrens nach Anspruch 2 zur schnellen Reinigung von aus vakuumverbunde-nen Abscheidekammern bestehenden Mehrkam-mersystemen insbesondere innerhalb der Totzeit während des Kammerwechsels.

45

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

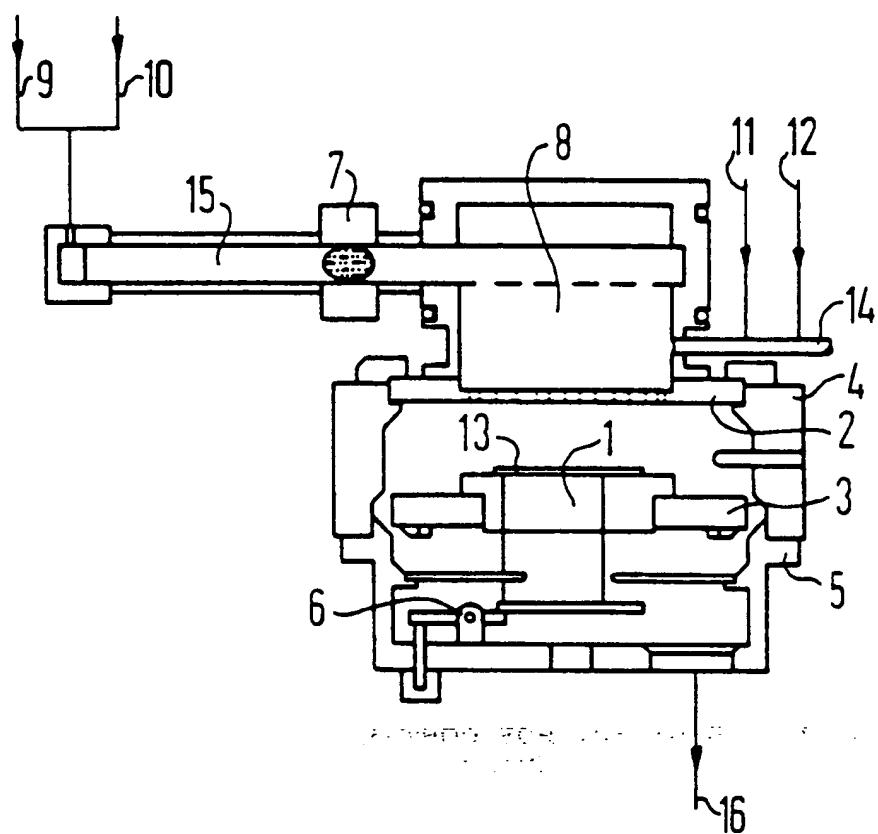
50

55

60

65

**- Leerseite -**



Code: 598-45474  
Ref. No.: 740.EPC (Walstra)

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY  
GERMAN PATENT OFFICE  
PATENT NO. 4,132,559 A1  
(Offenlegungsschrift)

Int. Cl.:

C 23 F 4/00  
C 23 C 16/44  
[Handwritten:]  
C 23 C 16/44 A6

Application No.:

P 41 32 559.1

Application Date:

September 30, 1991

Publication Date:

April 8, 1993

METHOD FOR THE IN SITU CLEANING OF DEPOSITION  
CHAMBERS BY MEANS OF PLASMA ETCHING

Applicant:

Siemens AG, 8000 Munich,  
DE

Inventors:

Dipl.-Ing. Phys Heinz  
Steinhardt, Vienna, AT

Dr. rer. nat. Oswald  
Spindler, 8011  
Vaterstetten, DE

Hans Raske

Dr. rer. nat. Josef  
Mathuni, 8000 Munich, DE

Application for examination according to § 44 of the Patent Law was submitted.

Etching gases provided for the cleaning process are intensely excited in a microwave-fed plasma discharge that is spatially separated from the deposition chamber. Activated, electrically neutral etching gas particles subsequently are introduced into the deposition chamber and etch all surfaces situated therein with a high etching rate that does not depend on the position and arrangement of said surfaces. A plasma of very low power can be additionally ignited in the deposition chamber.

The invention pertains to a method for the in situ cleaning of deposition chambers that are used for producing layers in semiconductor technology by means of plasma etching. In addition, the invention also pertains to one utilization of said method.

One method of this type is, for example, already known from "Reducing Contamination by In Situ Plasma Cleaning of LPCVD-tubes" by D.W. Benzing, Microcontamination, May, 1986.

In addition to the lithography technique and the doping technique, the deposition technique and the etching technique represent two basic processes that are frequently used in the manufacture of integrated circuits consisting of silicon substrates. Advancements in increasing the chip integration density have caused a continued escalation in the requirements for the individual processes and process sequences. In this context, one can also observe an increasing necessity for highly effective cleaning procedures that are suitable for such

manufacturing processes. In addition to the wafer cleaning, the cleaning of the deposition chambers, which are repeatedly used for the production of layers in each manufacturing cycle and need to be cleaned after the production of a certain quantity of silicon wafers, proved to be particularly critical.

Deposition chambers are, for example, used for carrying out the frequently utilized low-pressure chemical vapor deposition (LPCVD) that, among other things, serves for depositing polysilicon layers, silicon nitride layers and silicon oxide layers. In order to allow the production of layers with sufficient quality within temperature-sensitive processing regions, plasma-enhanced chemical vapor deposition methods (PECVD) were developed. In these methods, the activation and the triggering of the chemical vapor deposition do not take place in a primarily thermal fashion, but rather by means of a plasma. Regarding the state of the deposition technique, we refer to D. Widmann et al., "Technology of Large-Scale Integrated Circuits," Springer Publishing House, 1988, in particular to Sections 3.1.1 and 5.2.1-3.

Due to the fact that most of today's deposition chambers are already designed for plasma-enhanced deposition methods as well as the known disadvantages of wet cleaning methods for deposition chambers, in particular the lack of system availability and the insufficient cleaning effect of such "ex situ" cleaning methods, the cleaning of deposition chambers currently is usually carried out by means of in situ dry etching methods that utilize etching gases which are activated in the plasma.

The plasma-enhanced deposition of thin layers is frequently carried out in vacuum chambers which are equipped with an anode

that is connected to the ground potential and a cathode that is supplied with a high frequency. The reaction gases subsequently are introduced into these deposition chambers at a constant pressure and flow rate. The deposition not only takes place on the specimen to be coated, which is situated inside of the chamber, but in the entire reaction space, however, with different thicknesses. In order to eliminate that the chamber needs to be opened and to prevent the installation and removal of components as well as the associated risk of damages, the chamber needs to be cleaned without being opened while the existing technical equipment remains inside of the chamber. Instead of gases that, for example, form oxidic and nonoxidic glass and ceramic layers, gases that dissolve the layers are introduced into the deposition chamber where they are activated in a plasma that is generated by means of the existing electrodes. Ions, atoms, radicals and other various fragments of the introduced gases are formed in the plasma and react with the layers deposited on the inner surfaces of the chamber so as to form gaseous products. Subsequently, the undesirable deposits are removed and the gaseous products can be extracted from the reaction chamber by means of vacuum pumps.

The contamination that results from the insufficient cleaning of all chamber surfaces represents one of the main problems in manufacturing plants that are currently used for depositing layers in the field of microelectronics. The previously described *in situ* cleaning by means of plasma etching cannot, as explained below, be carried out without difficulties and simply is unsuitable as a satisfactory solution to the problem of cleaning deposition chambers, namely because the

Additional problems result from the lacking selectivity of highly energetic etching gas particles as compared to protective layers, e.g., aluminum oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). One other problem can be seen in the inferior adhesion of the layers that are deposited in a parasitic fashion on organic polymer layers which originate from the etching gas.

The present invention is based on the objective of disclosing an improved method of the initially mentioned type which eliminates the aforementioned disadvantages.

In a method of the initially mentioned type, this objective is attained due to the fact that etching gases provided for the cleaning process are intensely excited in a microwave-fed plasma discharge that is spatially separated from the deposition chamber, and that activated, electrically neutral etching gas particles are subsequently introduced into the deposition chamber and etch all surfaces situated therein with a high etching rate that does not depend on the position and arrangement of said surfaces.

Additional developments of the invention are characterized in the subclaims.

The invention is described in detail below with reference to, among other things, one embodiment that is illustrated in the figure. The only figure shows a schematic sectioned representation of a deposition system for carrying out the method according to the invention.

The deposition chamber shown in the figure is equipped with gas supply lines 11 and 12, e.g., for supplying  $\text{SiH}_4$  or argon, a gas collector pipe 14 and a mixing chamber 8 for deposition

gases. A gas suction chamber 5 and a wafer lifting mechanism 6 usually are provided in the interior of the chamber. The figure also shows a silicon wafer 13 that is situated on a metallic carrier which simultaneously serves as a grounded and heated first electrode 1. The other components arranged in the interior of the chamber, e.g., fastening means 3, preferably consist of a ceramic material. A second electrode 2 that is supplied with a high-frequency voltage simultaneously forms the gas inlet from the mixing chamber 8 into the deposition zone of the chamber. The arrangement of the components of the deposition chamber which are surrounded by the chamber wall 4 is expected to produce shading effects.

In order to clean the deposition system shown in the figure in accordance with the invention, etching gases provided for the cleaning process, e.g., CF<sub>4</sub> or O<sub>2</sub>, are introduced into an etching gas supply pipe 15 via supply lines 9 or 10 and intensely excited at this location by means of a microwave source 7 while being spatially separated from the deposition chamber. The activated etching gas particles are subsequently introduced into the deposition chamber where they clean the entire deposition chamber by means of an etching process, if necessary with the assistance of a plasma of very low power that is produced by one of the electrodes 1 and 2. The reaction products and contaminants produced during this process can be easily extracted via a suction line 16 with the aid of vacuum pumps.

In contrast to known plasma-enhanced cleaning methods, an external and particularly intense microwave excitation takes place in the method according to the invention. A special method

that was submitted on the same day as the present application for Patent No.... and is entitled "Method for generating excited, neutral particles for etching and deposition processes in the semiconductor technology by means of a microwave-fed plasma discharge" is particularly suitable for the microwave excitation and hereby included in the disclosure. The previously stated method is characterized by a high generation of reactive particles, in particular a very high density of active, neutral particles. In light of the large chamber surfaces, this represents a very advantageous aspect. Due to the spatially separated arrangement of the excitation device and the reaction chamber, species of the excitation plasma which can damage the deposition chamber are separated in the method according to the invention, but useful, neutral reactive particles that are long-lived and have a high density are produced.

Except for the kinetic energy caused by the gas flow and the Brown molecular motion, the neutral particles that reach the deposition chamber via the etching gas supply pipe 15 have no additional kinetic energy and consequently etch in a purely chemical and isotropic fashion. It is advantageous that all chamber surfaces are etched with the same speed independently of their position and arrangement, i.e., the chamber geometry can be optimized entirely with respect to its main function, namely the deposition process.

Due to the lacking kinetic energy of the etching gas particles that actually carry out the etching process, the chamber surfaces are not damaged by sputtering or ion bombardment. However, the high density of reactive particles used in accordance with the invention--more than 50% of all gas

molecules present are excited within the pressure range between approximately 0.05 and 500 Pa--makes it possible to maintain the etching rate at a high level such that the etching time is reduced. According to the invention, it is also possible to etch at very low pressures without significantly reducing the etching rate. The range of utilization with respect to the optimization of the cleaning process is significantly broadened.

At locations with particularly thick deposits, in particular on the electrodes, a plasma of very low power can be additionally ignited with the aid of the existing electrodes so as to locally increase the etching rate and attain identical etching times for all chamber parts, namely without causing increased wear of the parts due to the stress caused by the plasma. In this case, one utilizes the fact that the particles which are already intensely excited due to the microwave energy only require a very low additional excitation in the plasma in order to increase the etching rate. The intermolecular energy transfer in which energy is transferred to a different molecule in a defined fashion so as to attain a specific secondary reaction, namely by selecting and exciting a suitable gas of metastable state which is primarily excited with microwaves, opens additional possibilities for careful etching reactions within a defined energy range.

The disadvantages of the methods known so far, e.g., high costs caused by long repair times and nonproductive times due to wear and "ex situ" cleaning, are eliminated with the in situ cleaning method according to the invention. The reason for this can be seen in the soft, isotropic etching at high etching rates within the entire chamber region. The etching effect is entirely independent of the chamber geometry and requires no limitations

regarding the deposition process. In addition, parasitic layers can be kept quite thin without any loss of time. An example of a few important process parameters for the cleaning of a polysilicon deposition chamber is indicated below.

Temperature:	300-400°C
Pressure:	150 Pa
Microwave power:	350 W
Etching gas:	CF <sub>4</sub> O <sub>2</sub>
Gas flow rate:	200 sccm
Etching rate:	3000 nm/min
Additional HF power on the electrodes:	30-50 W
Etching rate with additional power:	5000 nm/min
Etched layer:	Polysilicone
Reaction products:	SiF <sub>4</sub> + CO

When using suitable etching gases, the invention can also be used for other materials to be deposited. It is, for example, possible to clean deposition chambers for tungsten, silicon oxide, boron nitride and silicon nitride with high etching rates by using NF<sub>3</sub> as the etching gas. Chloric gas can be advantageously utilized for chambers in which Al or Cu are deposited. In this case, an etching gas which forms gaseous, volatile reaction products with the layer at the corresponding chamber temperature is, in principle, used for each layer to be removed.

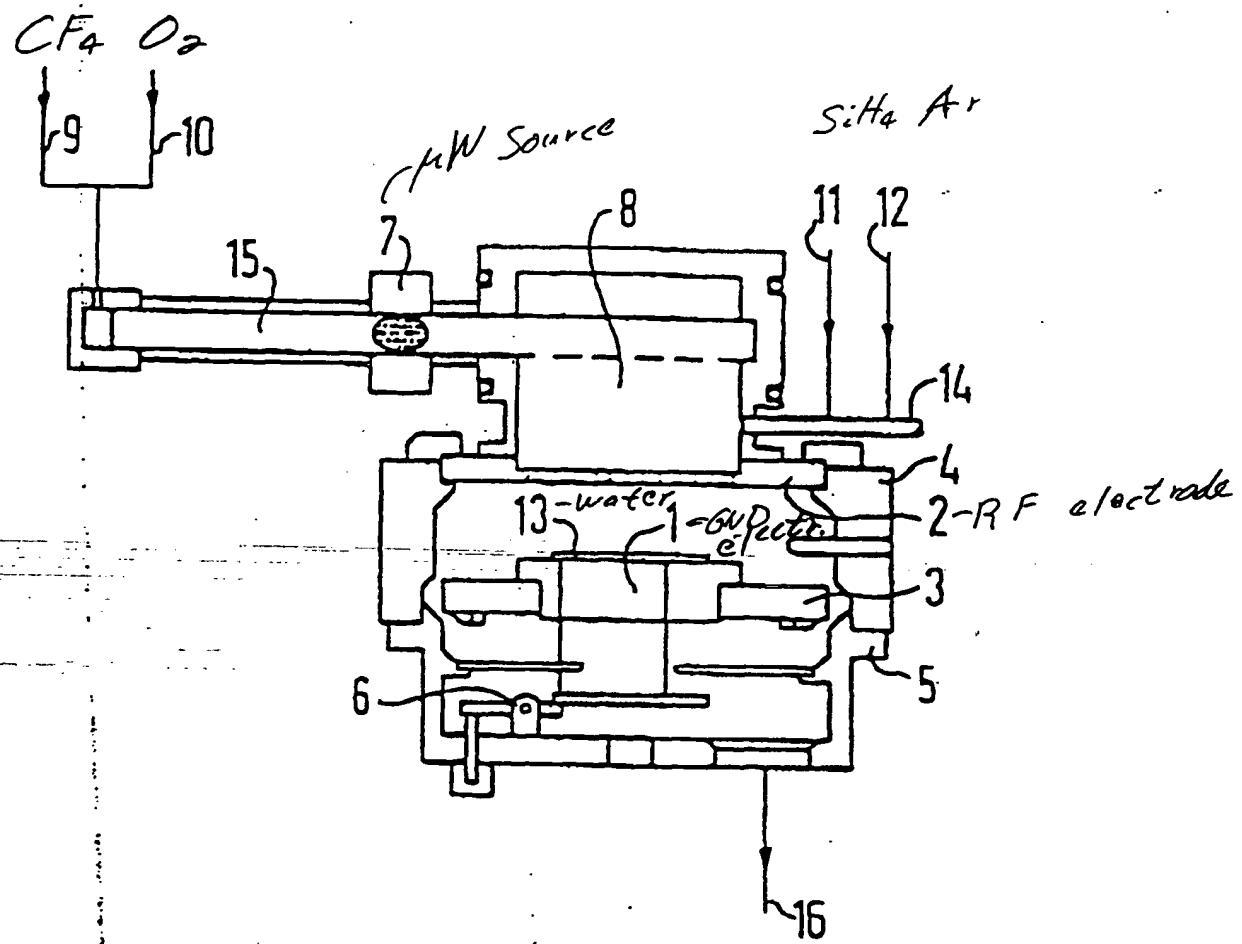
In the manufacture of semiconductors, multichamber systems in which several processing steps are carried out successively on the substrates to be processed in different chambers without causing an interruption of the vacuum in the multichamber system continue to gain importance. One advantageous utilization of the method according to the invention is the particularly fast cleaning of the deposition chambers in such multichamber systems, in particular during the nonproductive time during which the substrate is transported from one chamber to the next chamber, i.e., within approximately 20 to 30 sec.

#### Claims

1. Method for the *in situ* cleaning of deposition chambers that are used for producing layers in the semiconductor technology by means of plasma etching, characterized by the fact that etching gases provided for the cleaning process are intensely excited in a plasma discharge that is spatially separated from the deposition chamber, and that activated, electrically neutral etching gas particles are subsequently introduced into the deposition chamber and etch all surfaces situated therein with a high etching rate that does not depend on the position and arrangement of said surfaces.

2. Method according to Claim 1, characterized by the fact that a plasma of very low power, in particular below approximately 50 W, is additionally ignited so as to locally increase the etching rate during the cleaning of the deposition chamber, with said ignition being realized with the electrodes provided in the deposition chamber.

3. Utilization of the method according to Claim 2 in order to rapidly clean multichamber systems that consist of several vacuum-connected deposition chambers, in particular during the nonproductive time in which the substrates are transported from one chamber to the next chamber.



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.